Observations sur la nappe des sables verts albiens.

Par René Abrard.
PROFESSEUR AU MUSÉUM

Un texte peu connu est la lettre adressée par Gaudin à l'Académie des Sciences [4] et lue à la séance du 14 octobre 1861 ; elle paraît répondre aux préoccupations de Degousée et Laurent [2] et de Belgrand qui après avoir étudié la répercussion de la mise en service du puits de Passy (24 septembre 1861) sur le débit et la pression hydrostatique de celui de Grenelle, concluaient qu'il ne fallait pas multiplier les forages aux Sables verts si on voulait conserver leur artésianisme.

L'auteur écrit « les éléments du calcul sont si simples et tellement certains que personne ne pourra, je pense, révoquer en doute cette conclusion » et se livre à divers calculs qui le conduisent à affirmer que la masse d'eau emmagasinée dans le terrain du grès vert (non ancien des Sables, verts albiens) est de 640 milliards de mètres cubes, et que pour l'épuiser si elle ne recevait pas d'apports extérieurs, il faudrait, à raison de 10 millions de mètres cubes par jour 175 ans, ramenés à 80 si l'on désire admettre que les sables ne céderont que la moitié de leur eau. Mais, il faut tenir compte de ce que sur la surface d'affleurement des sables, il s'infiltre 0 m. 50 de hauteur d'eau par an, soit 6 milliards 650 millions de mètres cubes représentant presque le double d'une consommation de 10 millions de mètres cubes par jour, et de ce que les infiltrations des fleuves et rivières lors de la traversée des affleurements, compensent le déversement continu à la mer. Et de conclure que la masse d'eau emmagasinée dans les sables, en y ajoutant l'apport annuel « est *tout à fait inépuisable*, pouvant fournir en tout temps sans diminution appréciable au débit de 500 puits artésiens de la grandeur de celui de Passy ».

Le moins que l'on puisse dire devant les nombres mis en avant, est qu'ils sont un très bel exemple des erreurs auxquelles conduisent les calculs mathématiques appliqués sans discernement aux phénomènes naturels, et aussi qu'il est imprudent de s'appuyer sur des données dont on ignore la complexité. Il semble notamment, puisqu'il cite la Vienne comme rivière nourricière, que l'auteur ait confondu la nappe des sables cénomaniens de Touraine avec celle des Sables verts dans ses mesures de superficie et de volume.

Ce bel optimisme a reçu des faits un démenti catégorique. Aujourd'hui, avec 110 forages aux Sables verts dans le Bassin de Paris, dont 37 à haut débit initial dans le synclinal de la Seine où 5 ont été poussés dans le Crétacé inférieur, et dont le débit total est inférieur à 130.000 mètres cubes par jour, on n'observe plus guère de jaillissements que dans deux d'entre eux et il y a eu constamment diminution des débits et baisse des niveaux hydrostatiques ; ainsi que l'ont dit P. Lemoine, R. Humery et R. Soyer [5] la nappe des Sables verts n'est plus qu'une nappe simplement ascendante, ce qui lui retire une grande partie de son intérêt économique et de son utilité.

Après l'exécution et la mise en service de plusieurs forages jaillissants dans le synclinal de la Seine, Butte-aux-Cailles, place Hébert, rue Blomet, Aulnay-sous-Bois, Poissy, P. Verdavainne [11], considérant la nappe albienne comme « un bassin aquifère d'une richesse immense », suggère en 1934, d'alimenter Paris en eau potable par une centaine de puits artésiens, susceptibles selon lui, de donner 1 million de mètres cubes par jour, avec une dépense dix fois inférieure à celle qu'entraînerait une amenée d'eau des Vals de Loire.

Au cours de la même année, P. Lemoine, R. Humery et R. Soyer [5] ont montré que tout nouveau puits artésien aux Sables verts réagit sur ses voisins et que l'exécution d'assez nombreux captages de ce genre dans le synclinal de la Seine a entraîné une diminution des débits et une baisse constante du niveau hydrostatique qui de + 126 m. à Grenelle en 1841 est passé à + 54 m. à la Butte-aux-Cailles en 1934. Même si l'on admet que ces chiffres, dont le premier est calculé, peuvent donner lieu à discussion, et aussi que les conditions ne sont pas les mêmes pour chaque puits, le phénomène dans son ensemble ne peut pas être contesté.

Lorsque l'achèvement d'un forage réagit brusquement sur ses voisins, il ne peut être question d'attribuer la baisse du plan d'eau et la diminution de débit de ceux-ci à un ensablement ou à un colmatage.

Il va sans dire que ces causes de diminution de débit se manifestent presque toujours et plus ou moins rapidement ; on ne doit donc tenir compte pour les comparaisons que des débits et niveaux hydrostatiques observés lors de l'achèvement et de la mise en service des forages. Il en résulte que si le niveau hydrostatique et le débit d'un forage donné s'abaissent dans le temps d'une manière continue, cela ne signifie pas nécessairement que la nappe s'appauvrit ; mais si de nouveaux forages ont constamment dès le début de leur mise en service un niveau hydrostatique et un débit inférieurs à ceux des puits voisins, cette conclusion s'impose d'elle-même.

Il est de plus évident que s'il y avait seulement ensablement ou colmatage des puits anciens, sans diminution de pression de la nappe, le niveau hydrostatique et le débit devraient, dans les puits récents être plus élevés que dans les premiers. Or, il n'en est rien en ce qui concerne la nappe des Sables verts ; le dernier forage, exécuté à Bagneux [9] sur l'anticlinal de Meudon à la cote + 74 (ce qui exclut le jaillissement) ne donnait à son achèvement que 150 mètres cubes à l'heure par pompage et le niveau statique s'établissait autour de la cote + 25 contre + 34,50 environ dans l'avant-dernier, à la Plaine-Saint-Denis, abstention étant faite du deuxième forage de la place Hébert à Paris, plus récent d'un an, pour lequel les chiffres n'ont pas été publiés.

La baisse du niveau hydrostatique et la diminution de débit des forages aux Sables verts sont donc des faits d'observation ; ils ont été admis comme tels par R. Tournier [10] et par E. Maynard [8] qui ne pensent cependant pas qu'il s'agisse d'une nappe fossile, conclusion à laquelle P. Lemoine, R. Humery et R. Soyer [6] ont été ultérieurement conduits.

On peut admettre que, ainsi que l'ont indiqué ces auteurs, toute nappe artésienne est constituée par une réserve séculaire ou géologique et par des apports actuels (infiltrations des eaux de pluie et des cours d'eau, appoint d'autres nappes) ; il faut ajouter que l'un de ces deux composants peut tendre vers zéro. Les estimations relatives au volume de la nappe aquifère des Sables verts varient de 885 milliards de mètres cubes (Tournier) à 1 milliard de mètres cubes (P. Verdavainne), en passant par 640 milliards (Gaudin) et 162 milliards (Lemoine, Humery et Soyer, correspondant à 812 milliards de m³ de sable d'une porosité de 20 %). La disproportion entre ces divers nombres montre l'inutilité de calculs basés sur des données trop imprécises, relatives à la variation d'épaisseur des sables, à leur caractère plus ou moins argileux ou gréseux, à leur porosité, à leur granulométrie. Il est possible que comme l'ont pensé Lemoine, Humery et Soyer qui n'ont donné leur chiffre de 162 milliards qu'à titre indicatif des résultats calculés, que la masse sableuse renferme plusieurs dizaines de milliards de mètres cubes d'eau.

On s'est également efforcé de calculer le volume d'eau de pluie s'infiltrant en une année dans la nappe des Sables verts. Ce volume est de 6.650 millions de mètres cubes pour Gaudin, de 600 millions de mètres cubes pour Tournier, de 110.896.000 mètres cubes pour Maynard, de 108 millions pour Lemoine, Humery et Soyer.

La quantité d'eau fournie annuellement par l'ensemble des puits artésiens aux Sables verts étant inférieure à 50 millions de mètres cubes, on voit que, même en acceptant le chiffre le plus bas relatif

à l'infiltration, celle-ci apporterait théoriquement à la nappe plus du double du prélèvement effectué par les puits.

L'exécution de nombreux forages à grand rendement dans la partie centrale du Bassin de Paris s'est vraisemblablement traduite par une diminution de pression dans le périmètre exploité, de sorte que, pour rétablir cette pression il faut non seulement qu'il s'infiltre à la périphérie un volume d'eau suffisant, mais aussi que le cheminement de cette eau dans la nappe et sa mise en charge soient réalisés avec rapidité. On conçoit par exemple que si la partie centrale qui fournit 40 millions de mètres cubes par an ne reçoit par suite de la lenteur et de la difficulté du cheminement que le dixième par exemple de la quantité d'eau théoriquement infiltrée, la baisse de la pression hydrostatique et la diminution de débit seront constantes dans les forages.

La durée du voyage de l'eau depuis la zone d'infiltration des Ardennes au Berry jusqu'à la partie centrale exploitée, serait de 200 ans pour Belgrand, de 480 à 1.100 ans pour Tournier, de 1.450 ans pour Maynard (minimum calculé sur une vitesse de 0 m. 40 par jour) et de quelques milliers à quelques centaines de milliers d'années pour Lemoine, Humery et Soyer.

L'importance des écarts des chiffres, qu'il s'agisse du volume de la nappe aquifère, de la quantité d'eau infiltrée ou de la durée du voyage de l'eau, conduit à considérer comme dénués de valeur les résultats ainsi obtenus. Il vaut donc mieux s'en tenir au fait d'observation très simple qui est que, bien que théoriquement il s'infiltre chaque année, dans la nappe une quantité d'eau supérieure à celle qu'elle fournit par puits artésiens, la pression hydrostatique et le débit ne cessent de s'abaisser.

Il faut donc admettre, soit une cause de déperdition soutirant chaque année de la nappe un volume d'eau égal ou supérieur à celui fourni par les puits artésiens, soit que les Sables verts soient devenus pratiquement imperméables ce qui empêche la réalimentation de la nappe.

Les principales causes envisagées pour expliquer un affaiblissement de la nappe en dehors des puits artésiens sont les pertes à la mer, sur les affleurements, par le toit et par les failles et les déperditions par les forages abandonnés. Les pertes à la mer se sont peut-être produites au Quaternaire lors de la formation de la coupure de la Manche qui date du Monastirien, mais elles ne peuvent plus être invoquées aujourd'hui. E. Leroux et P. Pruvost [7] ont au contraire montré qu'il y a plutôt tendance à une pénétration de l'eau de mer dans la nappe, ainsi que l'attestent la forte pression hydrostatique constatée dans les forages proches du littoral et la teneur importante en chlorure de sodium de l'eau de la nappe albienne dans

ces forages, qui indique tout au moins une diffusion généralisée depuis la mer vers la nappe.

En ce qui concerne les pertes sur les affleurements, Lemoine, Humery et Soyer [6] ont conclu qu'elles ne pouvaient être que très faibles, sinon absolument nulles. L'influence de l'exhaure des exploitations minières de l'E ne peut être invoquée que dans une complète méconnaissance de la structure géologique du Bassin de Paris. A la limite occidentale d'extension des Sables verts, ceux-ci, suivant une frange plus ou moins développée, sont directement transgressifs sur le Jurassique supérieur, sans interposition d'argiles du Crétacé inférieur, le contact entre l'Albien et le Jurassique étant recouvert par le Cénomanien qui s'étend beaucoup plus loin vers le Massif Armoricain ; mais, les Sables verts qui s'amenuisent rapidement et se terminent en biseau entre le Jurassique supérieur et le Cénomanien, n'y sont pratiquement plus aquifères, ce qui exclut toute possibilité d'un déversement important de la nappe dans les formations sous-jacentes.

Les auteurs précités ont également montré que des pertes par le toit compact d'argiles du Gault ou par des failles, ne pouvaient se produire.

Il faut donc renoncer à la conception d'une nappe progressivement épuisée d'une manière naturelle par des pertes non compensées par des infiltrations suffisantes et vis-à-vis de laquelle les forages artésiens ne joueraient guère que le rôle de manomètres constatant un affaiblissement continu de la nappe qui se manifestait avant toute intervention de l'homme, laquelle ne pourrait que précipiter le phénomène.

Les déperditions par forages endommagés, mettant la nappe albienne en communication avec d'autres nappes inférieures ou supérieures, peuvent être considérées comme restreintes, la plupart de ces forages ayant été abandonnés parce qu'ils étaient ensablés ou colmatés et ne fournissaient plus qu'une très faible quantité d'eau.

Les calculs relatifs au volume d'eaux météoriques annuellement infiltrées sont basés sur une porosité, ou plutôt sur un pouvoir d'absorption des Sables verts, qui ne correspond pas à la réalité. Ces sables sont en fait très argileux et pratiquement imperméables sur la plus grande partie de la bordure orientale du Bassin de Paris, suivant l'opinion de Belgrand corroborée par Lemoine, Humery et Soyer. Ces auteurs ajoutent que les infiltrations dans ces sables actuellement imperméables ne peuvent qu'assurer leur mouillage dans le secteur considéré comme devant réalimenter la nappe. On peut ajouter qu'une partie des eaux infiltrées ressort très rapidement sous forme de sources à contrepente et ne parvient pas à la nappe.

Il ne semble pas sans intérêt de constater que, à l'échelle géologique, les Sables verts deviennent de moins en moins perméables. Résultant de l'altération et de la destruction de roches cristallines anciennes, ils devaient renfermer à l'origine de nombreux grains de feldspath alors que ce minéral y est maintenant assez rare ; son altération qui se poursuit de nos jours peut fort bien avoir enrichi notablement les sables en argile, depuis le Pliocène, époque à laquelle la nappe albienne a probablement commencé à se constituer.

D'autre part, ainsi que l'ont rappelé Lemoine, Humery et Soyer [6], des forêts très étendues recouvrent les affleurements des Sables verts ; si l'on calcule le volume d'eau absorbé annuellement par ce revêtement végétal, on obtient un chiffre de beaucoup supérieur à celui des précipitations. Même en attribuant un rôle important à la rosée, on arrive à cette conclusion que la forêt reprend en été aux Sables verts la plus grande partie de l'eau infiltrée pendant l'hiver ; cette reprise est facilitée par la lenteur du cheminement dans les sables argileux et elle soustrait à la nappe un très important volume d'eau. Ceci rejoint des recherches antérieures résumées par R. Furon [3], et qui l'ont amené à penser que dans certaines circonstances, la forêt ou le tapis végétal, grands régulateurs du ruissellement, peuvent arrêter complètement l'alimentation des nappes souterraines.

L'alimentation de la nappe par les eaux de ruissellement — qui ne serait qu'une autre forme de l'alimentation par les eaux météoriques — ou par les rivières ne peut être sérieusement envisagée, ainsi que l'ont indiqué les auteurs cités plus haut. Et, il faut admettre avec eux qu'il s'agit d'une nappe qui s'est constituée pendant les temps géologiques récents, d'une nappe fossile qui n'est pratiquement plus réalimentée de nos jours, par suite notamment de la diminution par érosion de la superficie des affleurements des Sables verts, par une imperméabilité accrue de ces sables, par un étalement bien moindre des eaux de surface, par des précipitations météoriques plus faibles, par la formation d'un tapis végétal qui reprend une grande partie des eaux infiltrées et les soustrait à la nappe.

Le Bassin de Paris a commencé à s'individualiser au début des temps tertiaires, mais sa forme et sa structure actuelles résultent du jeu de l'érosion sur les reliefs consécutifs au paroxysme de la deuxième phase alpine qui se situe au Miocène supérieur. A ce moment, les massifs anciens qui le délimitent au S et à l'E, Massif Central et Vosges, ont subi un exhaussement très important entraînant avec eux leur couverture ou leur bordure de formations secondaires. Ainsi a été renforcée une structure en soucoupes emboîtées, des terrains jurassiques et crétacés, créant les conditions néces-

saires pour que des eaux infiltrées sur la bordure orientale constituent, entre deux assises imperméables, une nappe aquifère sous pression dans la partie centrale se trouvant aux cotes les plus basses.

L'infiltration dans les Sables verts n'a évidemment commencé qu'après une dénudation post-miocène qui les a amenés à l'affleurement sur des superficies incomparablement plus grandes que celles qui s'observent aujourd'hui, ainsi que l'attestent les outliers. La présence de lambeaux de Pliocène supérieur sur les plateaux de Jurassique moyen des environs d'Arc-en-Barrois [1] permet de conclure que ce décapage par érosion était pratiquement achevé au Pliocène supérieur ; il est hors de doute que dès le début de la période, la configuration d'ensemble du Bassin de Paris était très proche de celle que nous lui connaissons aujourd'hui mais avec un étalement beaucoup plus grand des formations faciles à déblayer.

Il semble que l'on doit admettre que la nappe albienne s'est constituée entre le Pliocène moyen et le Quaternaire supérieur, conclusion qui rejoint dans ses grandes lignes l'opinion de Lemoine, Humery et Soyer, et fait remonter le début de sa formation à deux millions d'années environ.

BIBLIOGRAPHIE

1. — Bruet E. et Aufrère L. La Morphologie pliocène de la Forêt de Châteauvillain et d'Arc-en-Barrois. *Bull. Assoc. Géogr. Français*, nº 47, pp. 22-31, février 1931.
2. — Degousée et Laurent. Guide du sondeur, 2e édit., Garnier, Paris, 1861.
3. — Furon R. L'Érosion du Sol. Payot, Paris, 1947. Voir pp. 193-197.
4. — Gaudin. Recherches sur les puits artésiens. *CR. Ac. Sc.*, t. 53, pp. 673-674, 1861.
5. — Lemoine P., Humery R. et Soyer R. Sur l'appauvrissement de la nappe des sables verts de la région parisienne. *CR. Ac. Sc.*, t. 198, pp. 1870-1872, 1934.
6. — — Les Forages profonds du Bassin de Paris. La nappe artésienne des Sables verts. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 1939.
7. — Leroux E. et Pruvost P. Résultats géologiques d'un sondage profond à Amiens. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LX, pp. 70-99, 1935.
8. — Maynard E. Le bassin géologique de Paris. Étude hydrologique de la nappe artésienne des sables verts de l'étage Albien. *Le Génie Civil*, mars 1937.
9. — Soyer R. Sur le forage profond de Bagneux et le rôle de l'axe de Meudon au cours du Crétacé. *CR. Ac. Sc.*, t. 222, pp. 95-97, 1946.
10. — Tournier R. Nappes aquifères. Arrault, Tours, 1935.
11. — Verdavainne P. Paris la plus grande ville d'eaux thermales du monde. Paris, 1934.